

MAANKÄYTÖN VAIKUTUKSET JOKIEN EKOLOGISEEN TILAAN: TAPAUSESI-
MERKKEINÄ OULANKA-, SIMO- JA AURAJOKI

Arttu Hepoaho

LuK-seminaari ja -tutkielma 790351A

Maantieteen tutkimusyksikkö

Oulun yliopisto

8.2.2021

Tiivistelmä

Tutkielman aiheena on maankäytön ja jokien ekologisen tilan suhde ja sen tarkastelu. Maankäyttö on jokiin voimakkaasti vaikuttava tekijä, ja vesistöissä sen vaikutukset ovat nähtävissä erilaisin tavoin. Maankäytöllisistä tekijöistä voimakkaimmin vaikuttavat tekijät ovat yleensä ihmistoiminnasta aiheutuvia, kuten maatalous tai metsätalous. Ekologinen tila on monista eri tekijöistä määräytyvä jokien arviointimenetelmä, jonka tarkoituksena on luokitella joet kunnonsa perusteella. Maankäytön ja ekologisen tilan arvioinnissa käytetään apukeinona kolmea suomalaista jokea, jotka ovat toisistaan poikkeavia maankäytöllisesti sekä ekologisesti.

Tarkasteltavat joet, Simojoki, Oulankajoki ja Aurajoki, edustavat ekologisen tilan arvioinnissa eri tiloja. Myös maankäyttö jokien valuma-alueella on erilaista, ja esimerkiksi ihmistoiminta on aiheuttanut valuma-alueiden välille merkittäviä maankäytöllisiä eroavaisuuksia. Joista Oulankajoki edustaa erinomaista, Simojoki hyvää ja Aurajoki tyydyttävää tilaa. Maankäytöllisesti muokatuin valuma-alue on Aurajoen valuma-alue, luonnonmukaisin taas Oulankajoen valuma-alue Simojoen valuma-alueen ollessa välimuotona.

Ekologinen tila määräytyy useiden eri tekijöiden yhteissummana. Tekijöitä ovat biologiset, fysikaalis-kemialliset sekä hydromorfologiset tekijät, joille jokaiselle on omanlaiset muuttujansa. Maankäyttö vaikuttaa näihin muuttujiin veden hydrologisen kierron kautta, esimerkiksi veteen kulkeutuvan aineksen tai ravinteiden myötä. Yhdistävä tekijä maankäytön ja ekologisen tilan välillä jokien tapauksessa onkin siis valunta.

Jokien tapauksessa ekologisesti parhaimmassa kunnossa olevat joet sijaitsevat yleensä myös valuma-alueeltaan luonnontilaisessa ympäristössä. Poikkeamat alueen maankäytön rakenteessa aiheuttavat myös muutoksia hydrologisessa kierrossa, jolloin vaikutukset yltävät eittämättä myös vesistöihin asti. Tämä on havaittavissa muun muassa ravinnekuormien muodossa niin joissa kuin muissakin vesimuodostumissa.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	4
2. TEOREETTINEN KEHYS	6
2.1 VALUMA-ALUE.....	6
2.2 EKOLOGINEN TILA	8
2.2.1 Jokien tyypittely.....	8
2.2.2 Ekologisen tilan määrittely.....	10
2.3 MAANKÄYTTÖ.....	11
3. TUTKIMUSALUEET.....	12
3.1 OULANKAJOKI	13
3.2 SIMOJOKI.....	15
3.3 AURAJOKI.....	17
4. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	19
5. LÄHTEET.....	21
6. LIITTEET.....	26

1. Johdanto

Joet ovat hyvin riippuvaisia valuma-alueestaan, ja maankäyttö valuma-alueella määrittää suuren osan joen vedenlaadusta, sen ominaisuuksista, sekä sen ekologian tilasta. Eritoten ihmisen aiheuttamat muutokset joko joessa itsessään tai sen valuma-alueella ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat jokiin esimerkiksi hydromorfologisten tekijöiden kautta. Vaikutuksia biologisiin tekijöihin on myös hyvin monia, ja suuri osa näistä muutoksista aiheutuu muutoksissa eliöiden elinympäristössä.

Maankäyttö yhdistyy ekologiaan monien eri vaikutusten kautta. Vuosikausien saatossa tapahtuneet muutokset, kuten maa- ja metsätalous tai urbanisaatio vaikuttavat väistämättä myös alueensa jokiin. Se, miten vaikutus ilmenee on hyvin vaihtelevaa. Lienee itsestään selvää, että maatalouden aiheuttamat ravinnekuormitukset vaikuttavat vesistöihin, tai että turpeennosto, kaupunkirakentaminen ja vaikkapa vesivoima tuovat mukanaan muutoksia jokeen, sen hydrologiaan, sen vedenlaadullisiin tekijöihin ja myös joen ekologiseen tilaan.

Ekologinen tila itsessään voidaan mieltää mittarina joen hyvinvoinnista. Mitä parempi joen ekologinen tila on, sitä luonnonmukaisemmassa ja ”terveemmässä” kunnossa joki on. Arvioita jokien tilasta voidaan tehdä monin perustein, mutta perusteellisissa arvioissa joissa esiintyville muuttujille lasketaan indeksejä, joiden perusteella tilaa arvioidaan. Joissakin tapauksissa kuitenkin saatetaan turvautua pelkästään asiantuntijalausuntoon.

Tässä työssä tarkastellaan maankäytön yhteyttä jokien ekologiseen tilaan käyttäen esimerkkitapauksena kolmea erilaista suomalaista jokea. Aurajoki, Simojoki ja Oulankajoki ovat toisistaan poikkeavia niin valuma-alueensa maankäytön, kokonsa kuin ekologisen tilansakin puolesta. Jokien erilaisuus tarjoaa mahdollisuuden tarkastella erilaisten tekijöiden vaikutuksia niiden ekologiseen tilaan, sekä arvioida esimerkiksi ihmistoiminnan vaikutusta eri näkökulmista. Selkeyden vuoksi ekologisen tilan indeksejä ei tarkemmin käydä läpi, vaan niitä käytetään apukeinona jokien tilaa arvioidessa. Sen sijaan tarkastelussa on kaksi biologista ryhmää sekä jokien hydromorfologia, jota ei kuitenkaan tarkastella suurimpana mahdollisena tekijänä ekologisen tilan kannalta.. Nämä ryhmät ovat kalat sekä pohjaeläimet.

Joen tai minkä hyvänsä tarkasteltavan vesistön ekologinen tila on monien eri tekijöiden summa, ja vaikka esimerkiksi ilmastotekijät vaikuttavat jokiin omalta osaltaan, valuma-alue sekä sen muutokset ovat yksi merkittävimmistä tekijöistä jokien kannalta. Luonnontilainen joki sijaitseekin useimmiten luonnontilaisessa ympäristössä.

Tutkimuskysymykseksi voikin esittää, miten maankäyttö vaikuttaa jokien ekologiseen tilaan ja voidaanko maankäyttöä tarkastelemalla ja ohjaamalla vaikuttaa vesistöjen

tilaan? Maankäytön suhde vesistöihin sekä sen tarkastelu voivat mahdollisesti tarjota työkaluja ekologisen tilan seuraamiseen ja hyvin alkeelliseen arviointiin jo ennen varsinaisten mitausten suorittamista, joskin kehitettyjä ekologisen tilan arviointityökaluja sillä ei voida missään tapauksessa korvata.

2. Teoreettinen kehys

Jokien ja maankäytön suhdetta tutkiessa on syytä avata muutamia käsitteitä. Valuma-alue, maankäyttö sekä ekologisen tilan määrittely itsessään selventävät aiheiden yhteyttä. Valuma-alue on jokia tutkiessa hyvin keskeinen termi, sillä jokainen joki on ”laaksonsa poika”, eli valuma-alue määrittää suuren osan vesistönsä ominaisuuksista.

Maankäyttö puolestaan on keskeinen valuma-alueen kannalta. Siinä missä valuma-alue määrittää joen ja sen ominaisuuksia, voi maankäytön ajatella olevan valuma-alueen sisäisiä ominaisuuksia. Eri maankäytön tekijät, kuten kasvillisuus, kosteikot sekä ihmistointa vaikuttavat suoraan valuma-alueen tärkeisiin tekijöihin, kuten valuntaan. Täten ajatus siitä, että maankäyttö ja siinä tapahtuvat muutokset vaikuttavat myös jokiin sekä niiden hyvinvointiin on varsin looginen. Esimerkiksi maatalouden mukanaan tuomat muutokset maankäyttöön vaikuttavat voimakkaasti vesistöjen tilaan (Allan, 2004).

Ekologinen tila on monitekijäinen määre. Sillä on omat, biologisiin muuttujiin tai fysikaalis-kemiallisiin muuttujiin perustuvat luokitteluperusteensa (Aroviita, Vienonen, & Mitikka, 2019). Eri tekijät, jotka valuma-alueella vaikuttavat esimerkiksi veden kemiallisiin ominaisuuksiin, vaikuttavat myös joen eliöstön menestymismahdollisuuksiin. Tekijät, jotka vaikuttavat eliöstöön vaikkapa haittaamalla tietyn lajin menestystä, vaikuttavat täten epäsuorasti myös valuma-alueen ekosysteemiin. Muutokset ekosysteemissä puolestaan lisäävät muutosta ekologisessa tilassa biologisten indeksien osalta.

2.1 Valuma-alue

Valuma-alueella tarkoitetaan tiivistetysti maantieteellistä aluetta, josta joki tai järvi saa vettä. Valuma-alue rajautuu topografian mukaan, ja vesi ohjautuu maanpinnan muotojen mukaan alueen matalimpaan kohtaan. Esimerkiksi harjut tai vaarat ovat valuma-alueiden kokoon ja muotoon vaikuttavia topografisia muuttujia, jotka vaikuttavat veden valunnan suuntaan. Valuma-alueen luonnonmaantieteelliset tekijät vaikuttavat voimakkaasti sen vesistön piirteisiin eri tekijöiden, kuten ilmaston, sään ja geologisten tekijöiden kautta (Briggs & Smithson, 1985).

Valuma-alueen vedet ovat peräisin pääosin sadannasta, mutta myös lumen ja jäätiköiden sulamisvedet lasketaan valuntaa lisääviksi muuttujiksi. Valunnan määrään vaikuttaa myös maaperän koostumus ja etenkin sen vedenläpäisykyky. Korkean vedenläpäisykyvyn

alueilla maa päästää veden lävitse helpommin jolloin pintavaluntaa tapahtuu vähemmän eikä uomia muodostu niin paljon. Matalan läpäisykyvyn alueilla tilanne taas on päinvastainen (Briggs & Smithson, 1985).

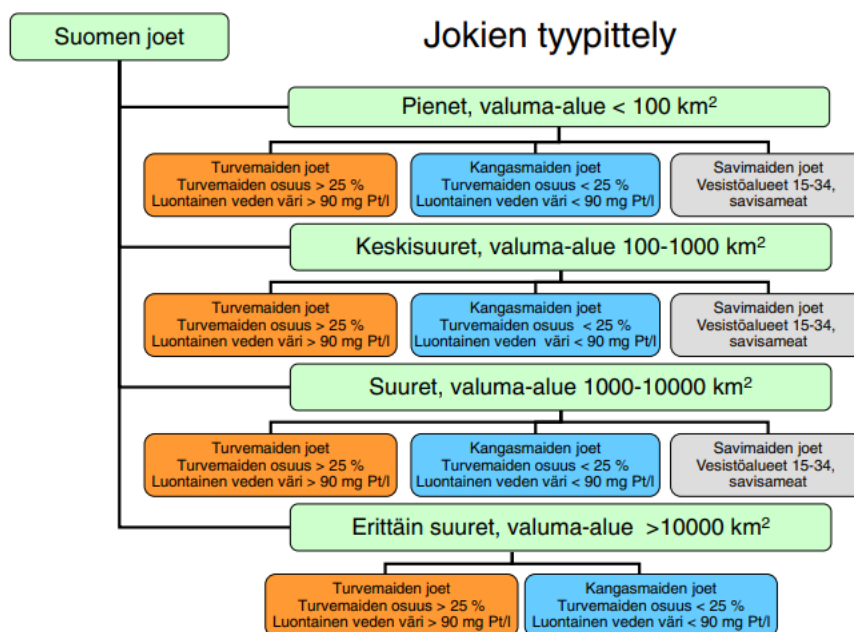
Valuma-alueen vesiin vaikuttavat ominaisuudet liittyvät hyvin läheisesti valuntaan. Valunnalla tarkoitetaan valuma-alueella tapahtuvaa veden liikettä kohti alueen topografisesti matalinta kohtaa, johon muodostuu siten uoma tai järvi. Valunta riippuu valuma-alueen pinnanmuodoista, kasvillisuudesta tai sen puutteesta, sekä alueen maannoksen laadusta. Valunta kuljettaa mukanaan veteen liuenneita aineksia, kuten typpeä, fosforia ja hiiltä (Jennings et al., 2009). Hiili ja muut valunnan mukana vesistöön päätyvät ainekset lisäävät muutoksia vesistöissä esimerkiksi rehevöitymisen kautta.

Käsitteenä itsessään valuma-alue on mielletävissä hierarkisena järjestelmänä, jossa kaikki valuma-alueet laskevat joko seuraavaan, suurempaan valuma-alueeseen tai suoraan mereen. Jokaisella pienellä latvapurollakin on oma paikallinen valuma alueensa. Suoraan mereen laskevaa valuma-aluetta, jolla on yhteinen purkupiste kutsutaan vesistöksi. Vesistö sisältää kaikki mereen laskevaan uomaan kuuluvat vesialueet, siihen laskevat joet ja niiden valuma-alueet. Vesistöjä voidaan yhdistellä erilaisiin ryhmiin riippuen esimerkiksi siitä, mihin mereen ne laskevat. Suomen tapauksessa näitä ryhmiä voivat olla vaikkapa Jäämereen tai Perämereen laskevat vesistöt. Tämän lisäksi myös vesimuodostuma on oleellinen termi, sillä vesienhoidollisesti se tarkoittaa samaan pintavesityyppiin kuuluvaa yksikköä, jonka hoito- ja ympäristötavoitteet voidaan yksiselitteisesti määritellä (Aroviita et al., 2019).

pieniin, keskisuuriin, suuriin ja erittäin suuriin jokiin riippuu valuma-alueen koosta ja geologinen jaottelu riippuu valuma-alueen maaosuuksista, kuten turvemaiden määrästä. Joet voivat kuulua esimerkiksi savimaiden tai kangasmaiden jokiin (Aroviita et al., 2019). Pohjois-Lapin joista on omat luokittelunsa niille joille, jotka sijaitsevat männyn metsärajan yläpuolella (Aroviita et al., 2019). Tyypittelyllä on merkitystä tietyn vesistön ekologisen tilan arvioinnissa sillä sen avulla saadaan tietoa vesien esiintymisestä alueellisesti sekä saadaan pohjatietoa vesienhoitoon (Aroviita et al., 2019).

Suomessa jokien tyypittely perustuu Euroopan unionin antamaan vesipuitedirektiiviin, joka asettaa tiettyjä vaatimuksia jokien tyypittelylle. Pakollisia tyypittelyn tasoja jokien osalta ovat joen koko, geologia, sekä korkeussuhteet (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto, 2000). Tämän direktiivin myötä ollaan Suomessa päädytty tyypittelyyn, jossa joet jaotellaan yhteentoista erilaiseen tyyppiin. Vesipuitedirektiivi myös ohjaa vesienhoitoa Euroopan tasolla samaan suuntaan tarkoituksenaan säilyttää sekä osiltaan palauttaa Euroopan vesistöjen kunto hyväksi.

Suomen joista suurimman osan voi jakaa joko turve- tai kangasmaiden joeksi riippuen alueen geologiasta. Savimaiden joet puolestaan ovat keskittyneet pääasiassa etelä- ja lounais-Suomen alueelle (Hämäläinen, Aroviita, Koskenniemi, Bonda, & Kotanen, 2007) Raja-arvoksi turve- ja kangasmaiden joille on annettu 25% turvemaiden osuus joen valuma-alueesta. Savimaiden joiksi luokitellaan vesistöalueet Taasionjoesta Eurajokeen, lukuunottamatta muutamia poikkeuksia (Hämäläinen et al., 2007). Suomen jokien tyypittely yksityiskohtaisemmin on kuvassa 2.



Kuva 2. Suomen jokien tyypittely (Aroviita et al., 2019)

2.2.2 Ekologisen tilan määrittely

Ekologista tilaa määrittelevistä tekijöistä biologiset tekijät ovat suurimmassa roolissa fysikaalis-kemiallisten sekä hydromorfologisten tekijöiden ollessa tukevia suureita (Aroviita et al., 2019). Esimerkiksi haitallisten aineiden määrä on hyvän luokituksen saavissa vesistöissä tasapainossa biologisten indikaattorien kanssa, ja aineet, joita ei ole määritelty vaarallisten aineiden asetuksessa huomioidaan niiden biologisissa indikaattoreissa aiheuttamien muutoksien myötä (Aroviita et al., 2019). Lisäksi jokien tilaa tarkastellessa voidaan käyttää lisämuuttujia mikäli niiden käyttö on relevanttia alueen kannalta (Aroviita et al., 2019).

Jokien biologisilla laatutekijöitä on useita. Tekijöitä ovat kasviplankton, makrofytyt, vesikasvillisuus ja päälylslevät, pohjaeläimet ja kalat. Kaikista tekijöistä ei ole Suomessa kehitetty vielä valmiiksi luokittelun kansallista menetelmää (Aroviita et al., 2019). Esimerkiksi vesikasvien osalta menetelmän kehitys on vielä käynnissä, ja kasviplanktonia ei käytetä Suomen joissa pohjoisen sijainnin vuoksi, joskin suuremmissa joissa leväkukinnat voidaan ottaa huomioon. Levien osalta lasketaan kaksi muuttujaa, piilevätaksonien tyypipiomien taksonien esiintyminen eli TT sekä lajiston prosenttinen mallinkaltaisuus eli PMA-indeksi. TT kuvaa ihmistoiminnasta aiheutuvaa lajiston paikallista muutosta, ja PMA-indeksi kuvaa lajiston koostumusta eri vertailuyhteisöihin (Aroviita et al., 2019).

Myös pohjaeläimistöille ja kaloille lasketaan erilaisia indeksejä. Pohjaeläinten

tapauksessa indeksejä on kolme: tyyppiominaisten taksonien esiintyminen TT, PMA-indeksi ja sekä tyyppiominaisten EPT-heimojen lukumäärä. EPT-heimoilla tarkoitetaan päivänkorentoja, koskikorentoja ja vesiperhosia eli *Ephemeroptera*-, *Plecoptera*- ja *Trichoptera*-heimoja. Näytteet otetaan yleisesti koskipaikoista käyttäen niin sanottua potkuhaavimenetelmää (Aroviita et al., 2019). Kalojen tapauksessa mitataan yksi indeksi, FiFi eli Finnish Fish index, jolla on viisi muuttujaa: Herkkien kalalajien prosentuaalinen osuus, kestävien kalalajien prosentuaalinen osuus, särkikalaryhmän tiheys, lohen- ja taimenen kesänvanhojen poikasten tiheys, sekä kalalajien lukumäärä. Menetelmänä käytetään sähkökalastusta, johon liittyy epävarmuus saalin määrän muodossa. Mitä huonompi saalis, sitä suurempi epävarmuus (Aroviita et al., 2019).

Ekologisen tilan rinnalla voidaan käyttää myös rakenteellista tilaa, jonka yhteys ekologiseen tilaan muodostuu joen hydromorfologian kautta. Rakenteellisella tilalla tarkoitetaan elinympäristöjen eli habitaattien tilaa. Vaikka itse ekologinen tila määräytyy joessa tai muulla arvioidulla alueella esitettyjen tekijöiden mukaisesti, on habitaatin tilalla myös selvää vaikutusta vesistöjen tilaan ja ekologisiin tekijöihin (Hanski, 2000). Esimerkiksi virtauomien rakenne vaikuttaa alueella esiintyvän eliöstön määrään ja rakenteeseen, sekä kasvillisuuteen. Tällä on yhteys joen luonnolliseen tilaan ja sen ekologiseen monimuotoisuuteen (Hanski, 2000).

2.3 Maankäyttö

Maankäytöllä tarkoitetaan maa-alueen luokittelua perustuen siihen, mitä maan pinnalla on joko luonnostaan tai ihmisen toiminnan vaikutuksesta (Tilastokeskus, 2020). Tilastokeskuksen määritelmän mukaan alueen käyttö tarkoittaa myös sen varsinaista käyttöä tiettyyn tarkoitukseen, eikä sen suunniteltua käyttötarkoitusta esimerkiksi kaavoituksen mukaan. Alueella on myös oltava tietty pinta-ala, eikä pistemäiselle lokaatiolle voi määrittää maankäyttöluokkaa.

Suomessa on käytössä Eurooppalainen Copernicus-järjestelmä, johon eri tuottajat keräävät maankäyttötietoja yhteiseksi tietokannaksi. Tällä tavoin on tuotettu CORINE-maankäyttöluokittelu jonka avulla tietyn alueen maankäytön voi helposti selvittää. CORINE-maankäyttötietoja päivitetään kuuden vuoden välein, ja Suomen liittyttyä ohjelmaan vuonna 2000 on päivityksiä tehty kolme, tuorein vuodelta 2018 (Dörrenbächer, Geppert, Pastuh, & Tomendal, 2017). Eri päivitykset on tuotettu muun muassa vertailemalla satelliittikuvia aikaisempaan CORINE-aineistoon. Suomessa aineiston tuottaa SYKE (Suomen ympäristökeskus).

Kuten aiemmin on esitetty, maankäytöllä on voimakkaita vaikutuksia valuma-alueeseen. Maankäytön piirteet, kuten kasvillisuus tai maatalous vaikuttavat valunnan eri muotoihin, maan vedensitomiskykyyn, veteen liukeneviin ravinteisiin, sekä veteen kulkeutuvan aineksen määrään ja sedimentaatioon (Allan, 2004). Vaikutuksia on myös pohjaveden kiertoon ja määrään ja tätä kautta makean veden saantiin pohjavesialueilla (Tang, Engel, Pijanowski, & Lim, 2005). Esimerkiksi orgaaninen hiili on ravinne, jonka määrällä vesistöissä maankäytöllä on merkittävä rooli. Metsät, kosteikot sekä ihmisvaikutukset maankäytössä vaikuttavat hiilen sekä muiden ravinteiden määrään sekä niiden vaikutuksiin vesistöihin (Mattsson et al., 2009).

Maankäytössä on myös tapahtunut muutoksia ajan saatossa. Ihmistoiminnasta etenkin maatalous sekä urbaanit ympäristöt aiheuttavat suuren osan vaikutuksista vesistöihin (Allan, 2004). Lisäksi lisääntyvä kaupungistuminen tulee luomaan muutoksia muun muassa maan läpäisykykyyn, jolloin pintavalunnassa tapahtuvat muutokset vaikuttavat vesistöihin tulvien muutoksien sekä jokien erodoitumisen kautta (Allan, 2004). Antroposeenisten muutosten vuoksi vesistöjen tilojen muutoksista olisikin hyvä kerätä tietoa pitkältä ajalta, jolloin vesistöissä tapahtuvia muutoksia pystytään tarkkailemaan helpommin (Reid, 2006).

3. Tutkimusalueet

Tässä työssä tarkastellaan kolmea suomalaista jokea, jotka poikkeavat toisistaan eri tavoin. Simo-, Oulanka- ja Aurajoki ovat erilaisia niin vallitsevan maankäyttönsä kuin tyypittelyltään. Joet edustavat sekä turvemaiden, kangasmaiden sekä savimaiden jokityyppejä, ja myös jokien koot ovat vaihtelevia (Aroviita et al., 2019). Joissa on vaihtelevuutta myös ihmistoiminnan perusteella: siinä missä Aurajoki on kaupungin läpi virtaava, voimakkaasti ihmistoiminnan vaikutuksen alaisena oleva joki, virtaa Oulankajoki pääasiassa harvaan asutulla alueella sekä osittain myös kansallispuiston läpi. Simojoki puolestaan on patoamaton turvemaiden joki, jolloin alueella tapahtuva ihmistoiminta vaikuttaa jokeen valuma-alueen muutosten kautta esimerkiksi turpeennoston myötä (Lapin ELY-keskus, 2019).

Vesistöissä on vaihtelua vesimuodostuman tilan luokittelussa. Simojoki luokitellaan pääpiirteittäin tilaltaan hyväkuntoiseksi vesistöksi, kun taas Aurajoki luokiteltiin vesistön luokittelun kolmannella luokittelukaudella välttäväksi (SYKE, 2021). Oulankajoen veden tila on kolmannella vesienhoitokaudella luokiteltu erinomaiseksi ja myös siihen laskevat

sivujoet ovat tilaltaan vähintään hyviä. Valuma-alueella olevan kansallispuiston voisi olettaa vaikuttavan asiaan.

Jokien, niiden valuma-alueiden erilaisuuden sekä jokien eri tyyppien (koko, geologia) voidaan odottaa, että vesistöissä on vaihtelua eri tekijöiden osalta. Vaikkakin ekologinen tila itsessään lasketaan ja arvioidaan indeksien kautta, tämän työn kannalta on järkevämpää pitäytyä indeksien laskemisesta tai syvällisemmästä esittelystä, ja arvioida maankäytön vaikutuksia ekologiaan valittujen biologisten ryhmien kautta. Tarkasteltavina ryhminä käytetään kaloja, joista eritoten herkiksi luokiteltuja kalaryhmiä, sekä pohjaeläimiä. Sekä kalojen että pohjaeläimien tapauksessa on helppoa sivuta indeksejä esittelemällä niiden vertailuarvoja ja arvoja eri jokien kohdalla. Lisäksi tarkastelussa on myös alueiden hydromorfologia valittujen ryhmien näkökulmasta, sekä siihen mahdollisesti ihmistoiminnan aiheuttamista muutoksista. Kaikki kolme jokea luokitellaan kuitenkin ei voimakkaasti muokatuiksi joiksi, joten tämän vaikutuksen voi arvella olevan melko vähäistä (SYKE, 2021). Indeksien arvot ovat vesienhoidon kolmannelta suunnittelukaudelta ellei toisin erikseen mainita.

Maa- ja vesienhallinnasta suurimpia maankäyttöllisiä ongelmia jotka vaikuttavat vesistöön on muun muassa urbanisaatio (Mantyka-Pringle, Martin, Moffatt, Linke, & Rhodes, 2014). Suomen ja etenkin tarkasteltavien jokien tapauksessa vaikuttavat tekijät ovat kuitenkin erilaisia. Suureksi tekijäksi voi nostaa hajakuormituksen, joka johtuu esimerkiksi turvetuotannosta. Hajakuormituksen merkittävämpiä vaikutuksia on siitä aiheutuva rehevöityminen (Sutela, Olin, Vehanen, & Rask, 2007). Vaikutuksia ei ole myöskään vain alueiden senhetkisellä maankäytöllä, vaan myös aikaisemmillä maankäyttömuodoilla voi olla voimakas vaikutus alueiden nykytilaan. Tämän tiedon varjolla alueiden tulevaisuudennäkymiä pystytään myös arvioimaan tutkimalla niiden nykytilaa (Harding, 1998).

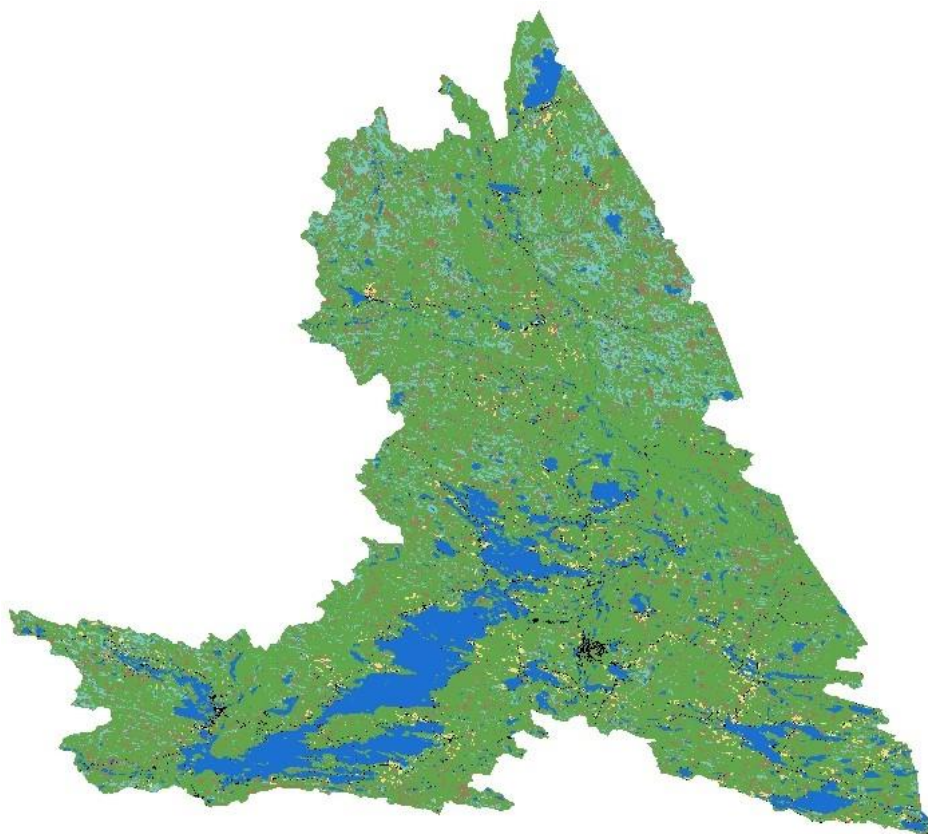
3.1 Oulankajoki

Oulankajoki on vertailtavista joista ekologiselta tilaltaan parhaimmassa kunnossa oleva joki. Se luokitellaan tilaltaan erinomaiseksi ja kooltaan suureksi kangasmaiden joeksi (SYKE, 2021). Joki saa alkunsa Suomen puolelta ja laskee Venäjälle. Tarkastelussa onkin tämän vuoksi vain osa joesta, rajautuen Suomen puoleiseen osuuteen. Kokonaispituutta joella on 135 kilometriä, joista 105 Suomen puolella. Kokonaisuudessaan Oulankajoen valuma-alueen pinta-ala on n. 4500 neliökilometriä (Oikarinen, Hovi, Lindeman, Siikamäki, & Tervonen, 2015). Rakenteellisesti Oulankajoki on lähellä luonnontilaista jokea, ja tämä onkin tärkein syy Oulankajoen valitsemiseksi yhdeksi vertailtavista joista.

Oulankajoen kalastoon kuuluu muun muassa hauki, ahven, harjus, siika ja jokeen nouseva järvitaimen (Luonnonvarakeskus, 2020). Näistä lajeista herkkiksi luetaan siika, harjus ja järvitaimen. Järvitaimen on laji, jota tavataan luonnonvaraisena muutamalla vesistöalueella, kuten esimerkiksi Oulankajoessa, Inarijärvässä sekä osassa Saimaata (Luonnonvarakeskus, 2020). Järvitaimenen menestykseen tietyissä vesistöissä vaikuttaa esimerkiksi joen virtaama, vesikasvien määrä, sekä veden syvyys (Mäki-Petäys, Muotka, Huusko, Tikkanen, & Kreivi, 1997). Oulankajoen tapauksessa joen erinomainen tila osaltaan selittää joessa esiintyvien herkkien lajien esiintymistä. Ihmisvaikutuksen lisääntyessä jokien kalastoon yleensä leviää enemmän generalistilajeja specialistien väistyessä, ja Oulankajoessa läsnä olevat specialistilajit, kuten aikaisemmin mainittu taimen, kielivät joen hyvästä tilasta. Oulankajoen kalaindeksin lukuarvo on 1,00 ja jokikalaindeksin lukuarvo 0,78, molemmat arvot erinomaisen raja-arvon paremmalla puolella (Aroviita et al., 2019; SYKE, 2021).

Pohjaeläimistö on Oulankajoessa hyvässä tilassa. Esimerkiksi EPT-indeksin mukaisia pohjaeläintaksoneja on joessa ylitse vertailuarvon, 15,75. Raja-arvo erinomaiselle tilalle suurissa kangasmaiden joissa Pohjois-Suomessa on 9, joten Oulankajoki on EPT-indeksiä arvioiden loistavassa kunnossa (Aroviita et al., 2019). Myös PMA-indeksi näyttää Oulankajoen kohdalla hyvältä. PMA:n indeksiarvo joessa on 0,53 erinomaisen luokkarajan ollessa 0,316 (Aroviita et al., 2019; SYKE, 2021). Pohjaeläimet reagoivat moniin ympäristötekijöihin kuten kemiallisiin tekijöihin ja hydrologisiin muutoksiin (Guse, 2015). Tälläkin perusteella Oulankajoen ekologista tilaa voi pitää erinomaisena. Etenkin mainittuja EPT-heimoja pidetään alttiina ympäristön muutoksille, jolloin niiden hyvinvoinnin taso kertoo joen tilasta tarpeellista tietoa (Aroviita et al., 2019).

Oulankajokea voidaan hydromorfologialtaan pitää luonnontilaisena jokea. Joki virtaa vanhassa murroslaaksossa, ja kallioperän rapautuminen on pakkasrapautumisen vuoksi voimakasta (Hanski, 2000). Joen saamat vaikutuspisteet ovat morfologialtaan, esteettömyydelään sekä hydrologialtaan kaikki nolla. Täten hydromorfologinen luokitus on Oulankajoen tapauksessa erinomainen. Myös maankäytöllisesti Oulankajoen valuma-alue on lähellä luonnontilaa. Oulankajoele ei ole myöskään annettu paineita, jotka jokea uhkaisivat (SYKE, 2021).



Kuva 3: Koutajoen latvavesistöalueen Suomen puoleinen osuus, johon Oulankajoen valuma-alue kuuluu. Kartta selitteineen liitteessä 1

3.2 Simojoki

Simojoki on ekologiselta tilaltaan hyväksi luokiteltu joki. Joen vesistöalueen koko on 3160 neliökilometriä ja joen pituus on 176 kilometriä (Lapin ELY-keskus, 2019). Ihmistoiminta on aikanaan vaikuttanut jokeen voimakkaammin kuin nykyään, ja esimerkiksi koskia perattiin uittotarkoituksia varten. Joen sivu-uomissa on ollut myös säästöpatoja veden säännöstelyä varten (Lapin ELY-keskus, 2019). Uittojen loputtua jokeen kohdistettiin kunnostustoimia vuosina 1976-1977 (Lapin ELY-keskus, 2019). Myöhemmin jokeen kohdistuneita vaikutuksia ovat etenkin metsätalous, soiden kuivatus sekä turpeennosto (Huttula, Nenonen, & Perkkiö, 1995).

Simojoki valikoitui yhdeksi tarkastelluista joista sekä joen tilan itsensä vuoksi, sekä sen valuma-alueen erilaisuuden vuoksi. Joki on maa- ja metsätalouden vaikutuksien alainen, mutta patoamaton suuri turvemaiden joki. Simojoki onkin yksi harvoja Suomen jokia, jossa on luonnonvarainen lohi- ja taimenkanta. Molemmat mainitut kalat kuuluvat herkkiin lajeihin, joihin vesistöjen tilan muutokset ensimmäisinä vaikuttavat (Aroviita et al., 2019; Huttula et al., 1995). Myös vesistöalueella esiintyvät kivisimppu ja pikkunahkiainen kuuluvat

herkkiin lajeihin. Alueella on myös monia kestäviin lajeihin sekä särkikalalajeihin kuuluvia kalalajeja (Luonnonvarakeskus, 2020). Simojoen kalastoon vaikuttaa muun muassa alueen geologia, sillä turve ja muu orgaaninen aines vaikuttavat esimerkiksi vaelluskalojen kutuedellytyksiin (Vehanen, Sutela, & Korhonen, 2010). Vaelluskalat ovat yleensäkin ryhmä, joka on intolerantti ihmistoiminnan vaikutuksille vesistöissä ja reagoi esimerkiksi vesistörakentamiseen voimakkaasti. Tämä nähtiin Simojossa uittoperkauksien aiheuttaman lohikannan romahtamisena. Vaikka kanta myöhemmin elpyikin uittojen loputtua ja jokeen tehtyjen ennallistamistoimien myötä, ei varsinaiseen luonnontilaan liene paluuta (Huttula et al., 1995). Kalaindeksien mukaan joen tila on kuitenkin erinomainen. Kalaindeksin arvo on 0,87 ja jokikalaindeksin 0,65 erinomaisen raja-arvon ollessa suurissa turvemaiden joissa 0,65 (Aroviita et al., 2019; SYKE, 2021).

Simojoen pohjaeläimistö vastaa pääosin hyvän ekologisen tilan mukaista tilaa. Tyyppiominaiset EPT-heimot ovat saaneet arvon 16,18 erinomaisen raja-arvon suurissa turvemaiden joissa ollessa 16,0. PMA-indeksi puolestaan saa arvon indeksiarvon 0,44 erinomaisen raja-arvon ollessa 0,521. Täten PMA-indeksi on hyvä, jonka raja-arvo on 0,391. Myös TT-indeksi saa arvokseen hyvä, jolloin pohjaeläinten perusteella Simojoen tila on kaikkiaan luokiteltu hyväksi (SYKE, 2021). Pohjaeläimistö on todennäköisesti ollut huonommassa tilassa Simojossa tehtyjen koskien perkauksien vuoksi ja niiden tila on muuttunut parempaan tehtyjen kunnostusten vuoksi. Riippuen tehtyjen kunnostusten luonteesta jokien pohjaeläinyhteisöt toipuvat joessa tapahtuneista muutoksista vaihtelevin aikavälein (Muotka, 2002).

Hydrologisesti Simojoki kuuluu pohjoisiin jokivesistöihin, joissa kausittaiset vaihtelut virtaamassa ovat suuria (Huttula et al., 1995). Jokea on, kuten aikaisemmin mainittu, muokattu lähinnä uittotarkoituksia varten, ja näitä muokkauksia on pyritty kunnostamaan (Huttula et al., 1995). Hydromorfologiselta tilaltaan Simojoki on luokiteltu hyväksi, ja muuttuun vaikuttavat tekijät johtuvatkin lähinnä rakennetusta osuudesta. Sen sijaan esteettömyydestään ja hydrologialtaan Simojoen tila on erinomainen (SYKE, 2021). Jokeen kohdistuviksi paineiksi on nimetty pistekuormitus, hajakuormitus ja hydromorfologiset muutokset. Piste- ja hajakuormituksen syiksi voi maankäytön näkökulmasta nimetä metsätalouden, turvetuotannon ja haja-asutuksen (Huttula et al., 1995). Ekologisen tilan tavoite on kuitenkin nimetty saavutetuksi, vesistön ekologisen tilan ollessa hyvä (SYKE, 2021).



Kuva 4: Simojoen vesistöalue. Kartta selitteineen liitteessä 2.

3.3 Aurajoki

Aurajoki on vertailtavista kolmesta joesta sekä valuma-alueeltaan että pituudeltaan pienin. Joki on pituudeltaan noin 70 kilometriä pitkä ja sen valuma-alueen koko on 874 neliökilometriä. Aluetta leimaa myös vähäjärvisyys, sillä koko vesistöalueella on vain yksi järvi (Varsinais-Suomen ELY-keskus, 2013). Aurajoen valuma-alue on hyvin maatalousvoittoinen, ja alueesta lähemmäs 40% on peltomaata. Tämän vuoksi myös jokeen kohdistuva ravinnekuormitus on verrattain suurta. Aurajoki jaetaan SYKE:n ylläpitämässä HERTTA-tietokannassa sekä ylä- että alaosaan. Tarkasteltavista indekseistä kalaindeksi on saatavilla vain joen ala-osa, joten tarkastelu pitäytyy joen alaosassa.

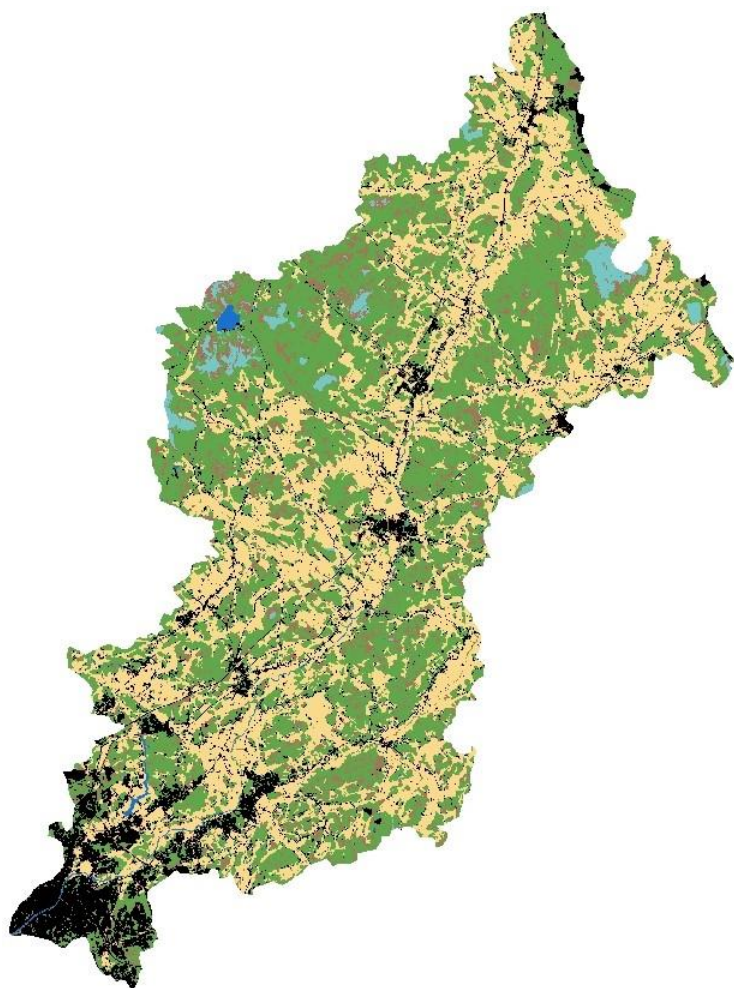
Aurajoki on vertailukohtana hyvin erilainen joki Simo- tai Oulankajokeen. Ihmisen vaikutus on alueella ollut hyvin voimakasta hyvin pitkään, ja alueella on paljon asutusta sekä myös kaupunki, jonka läpi joki virtaa. Varsinais-Suomen alueella on ollut asutusta ja maataloutta verrattain pitkään, ja etenkin Aurajoen jokilaakso on hyvin peltovoittoista aluetta. Peltovoittoisuus sekä maatalouden pitkäaikainen keskittyminen jokilaaksoon myötävaikuttaa hajakuormitukseen ja tätä kautta vaikutuksiin joen eliöstössä (Sutela et al., 2007).

Aurajoen kalasto on monipuolista, mutta esimerkiksi vaelluskalojen osalta tilanne ei ole valttavan hyvä. Joessa on monia nousuesteitä, ja vaikka patojen yhteyteen onkin rakennettu kalateitä, on lajirikkain osuus Aurajoesta silti ennen ensimmäistä nousuestettä

(Aurajokisäätiö, 2020). Joki on kalaston osalta luokiteltu tilaltaan tyydyttäväksi, jokikalaindeksin ollessa arvoltaan 0,49 ja kalaindeksin 0,53 raja-arvon välttävälle tilalle ollessa 0,37 (Aroviita et al., 2019; SYKE, 2021). Selittäviksi tekijöiksi kalaindeksin tilalle voi arvella olevan joen luontainen savisameus, alueen maatalous ja siitä aiheutuva kuormitus sekä pitkälinen ihmisvaikutus alueella.

Aurajoen pohjaeläimistö on myös heikommassa tilassa kuin vertailtavissa Simo- ja Oulankajoissa. Kokonaisuudessaan Aurajoen pohjaeläinten tilaksi määritellään hyvä, joskin EPT-indeksi ja TT-indeksi ovat luokituksestaan tyydyttäviä. PMA-indeksi puolestaan on luokituksestaan hyvä, indeksin saadessa arvon 0,33 hyvän luokituksen raja-arvon ollessa 0,280 (Aroviita et al., 2019; SYKE, 2021). EPT-heimojen lukumäärä Aurajoen ala- ja keskiosassa on 7, tyydyttävän rajan ollessa 5,5. Arvo jää alle hyvän luokituksen, rajan hyvälle tilalle ollessa 8,3 (Aroviita et al., 2019; SYKE, 2021).

Hydromorfologisesti Aurajoki luokitellaan tilaltaan tyydyttäväksi. Suurin syy tälle on joessa olevat nousuesteet, joiden osalta joen tila on luokiteltu välttäväksi. Morfologiselta ja hydrologiselta osalta joki luokitellaan tilaltaan hyväksi, joskin esimerkiksi allastuminen tuo joen hydromorfologiseen tilaan lisävaikutusta (SYKE, 2021). Aurajokeen paineita aiheuttavat tekijät ovat hajakuormitus sekä hydromorfologinen muutos. hajakuormitusta jokeen aiheutuu maataloudesta sekä haja- ja loma-asutuksen jätevesistä, jotka joko yksinään tai muiden vaikutustekijöiden kanssa aiheuttavat jokeen merkittävää ravinnekuormitusta (SYKE, 2021). Hydromorfologinen muutos taas johtuu pääosin joessa olevissa padoista, joskin esimerkiksi Halistenkoskessa olevassa padossa on kalatie, vaikkakin kyseinen kalatie on huonosti toimiva (SYKE, 2021).



Kuva 5: Aurajoen vesistö-alue. Kartta selitteineen liitteessä 3.

4. Pohdinta ja johtopäätökset

Maankäyttö on selvästi yksi tärkeimmistä jokiin ja niiden tilaan vaikuttavista tekijöistä. Sen vaikutukset voivat tulla esille monin eri tavoin, kuten suoran jokirakentamisen kautta esimerkiksi jokien patoamisen muodossa tai valunnan aiheuttamissa kemiallisissa muutoksissa joikiympäristössä. Aihetta on tutkittu ulkomailla laajastikin, ja melko laadukasta tutkimustietoa on saatavilla muun muassa Kiinasta ja Yhdysvalloista, joissa jokien tila vaikuttaa huomattavasti laajemmalla skaalalla kuin Suomessa. Yksi tutkittuja osa-alueita on ollut myös sosioekonominen kehityksen yhteys jokien tilaan (Cheng, Chen, Sun, & Kong, 2018). Vaikutuksien vakavuutta voi tarkastella myös eri mittakaavassa, kuten vaikkapa ottamalla tarkasteluun joko yksittäisen vesimuodostuman tai kokonaisen vesistöalueen.

Vaikka maankäyttö onkin yksi tärkeimmistä tekijöistä vesistöjen kunnon

kannalta, voitaneen kuitenkin todeta, ettei se ole ainoa vesistöihin vaikuttava tekijä. Myös sää- ja ilmastotekijöiden muutokset ja vaikutukset ovat merkittäviä, sillä niillä on vaikutusta joen hydrologisiin prosesseihin. Kaikki valuma-alueella tapahtuvat, veden hydrologiseen kiertoon vaikuttavat ilmiöt vaikuttavat osaltaan myös vesistöihin ja sitä kautta niiden ekologiseen tilaan. Hyvin tärkeä tekijä on myös valuma-alueen geologia, ja maaperä jonka läpi joki virtaa määrittää hyvin paljon joen ominaisuuksista.

Ekologista tilaa tarkastellessa on myös huomionarvoista, että vaikka eri tekijöitä tarkastellaan yksittäin, vaikuttavat ne myös toisiinsa. Esimerkiksi veden kemiallinen tila on vaikuttava tekijä biologisten muuttujien osalta. Muun muassa happamuus vaikuttaa kalastoon ja tätä kautta myös kalaston kautta laskettaviin ekologisiin indekseihin (Sutela, 2010). Myös veden mukana kulkeutuva aines on kalastoon vaikuttava tekijä jonka voi yhdistää muihin muuttujiin, tässä tapauksessa hydromorfologisiin muutoksiin.

Tarkasteltujen jokien perusteella voi todeta, että mahdollisimman luonnonmukaisessa ympäristössä olevat joet ovat parhaassa kunnossa. Monet jokiin vaikuttavista tekijöistä ovat joko suoraan tai välillisesti ihmistoiminnasta aiheutuvia. Tämä on nähtävissä selvästi Aurajoen osalta, jossa vaikutuksia tapahtuu maatalouden, ihmisasutuksen ja vesirakentamisen vuoksi. Samanlaisia vaikutuksia on havaittavissa myös Simojoessa, joskaan ei yhtä voimakkaasti. Turvetuotanto, metsätalous, ja muu valuma-alueella tapahtunut toiminta on vaikuttanut Simojoen tilaan sekä menneisyydessä että nykyäänkin. Tilanne voisi kuitenkin olla myös paljon huonompi huomioiden joen historiassa tehtyjen perkaukset.

Oulankajoki puolestaan on selvästi Aura- ja Simojoesta poikkeava tapaus. Alueella tapahtunut vähäinen ihmisvaikutus on mitä todennäköisimmin myötävaikuttanut joen erinomaiseen tilaan. Sen sijaan Simojoessa on nähtävissä edelleen uittoperkausten vaikutukset. Myös metsätalous ja turveteollisuus ovat vaikuttaneet jokeen selkeästi, muuttaen olosuhteita esimerkiksi joen lohikannan osalta. Myös jokeen tehtyjen kunnostusten vaikutus on eittä-mättä ollut tärkeä, joskin luonnontilaisuuteen ennallistamistoimilla tuskin on päästy. Oulanka- ja Simojoki molemmat taas ovat hyvin poikkeavia Aurajoesta, jossa ihmisvaikutus on paikoin hyvin voimakastakin. Alueen maatalouden sekä ihmisasutuksen vaikutus on nähtävissä joessa selkeästi.

Maankäytöllisestikin arvioiden joet ovat erilaisia. Valuma-alueista voimakkaimmat maankäytöstä aiheutuvat ihmisvaikutukset ovat selvästi Aurajoen valuma-alueella. Simojoessa vaikutus on vähäisempää mutta silti havaittavaa, taas kun Oulankajoessa vaikutus on äärimmäisen vähäistä. Alueilla tapahtuva toiminta on erilaista, ja maankäytöllisesti tietynlaisia alueita ei ole järkevää käyttää tiettyyn tarkoitukseen. Esimerkiksi Simojoen valuma-alueen

suot ovat vaikeasti muokattavissa maatalouden käyttöön, mutta turvetuotantoon ne soveltuvat helpommin. Oulankajoen valuma-alueella tapahtuva ihmistoiminta on pääasiallisesti kansallisuistosta johtuvaa virkistyskäyttöä.

Maankäytön hallinta tapahtuu yleisesti Suomessa maankäyttö- ja rakennuslain perusteella, jossa ”...tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurillisesti kestävä kehitystä” (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 1999). Vesistöjen kannalta tätä säätelee etenkin lain 10. luku, jossa käsitellään ranta-alueiden rakentamista. Ranta-alueiden osalta tärkeää on myös huomioida mahdollisten kasvillisuusvyöhykkeiden vaikutus vesistöihin. Rantakasvillisuus vaikuttaa muun muassa joen hydrologiaan, ja hidastaa esimerkiksi aineksen kulkeutumista vaikuttaen tätä kautta myös ekologisen tilan muutuksiin (Naiman & Décamps, 1997).

Vaikka maankäyttöä voi pitää tärkeänä tekijänä jokien ekologisen tilan kannalta, ei ekologista tilaa vesistöissä pystytä selittämään vain ja ainoastaan maankäytöllisillä tekijöillä. Johtopäätöksenä voi pitää, että suuri osa veden hydrologisesta kierrosta voi vaikuttaa jokivesistöjen tilaan – esimerkiksi sadanta ja valunta. Myös maantieteellisillä tekijöillä on vaikutusta, tarkoittaen tässä tapauksessa sitä, millaisessa ympäristössä joki sijaitsee. Kaikkinensa jokiekologian arvioimisessa tarvitaan varmasti moninaisia arviointimenetelmiä, ja maankäytön tulkinnalla voidaan varmasti saavuttaa tarpeellista tietoa.

5. Lähteet

- Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), 257-284.
doi:10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122

- Aroviita, J., Vienonen, S., & Mitikka, S. (2019). *Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella*
- Aurajokisäätiö. (2020). Aurajokisäätiö: Kalastus aurajoella
 . Retrieved from <https://aurajoki.net/kalastus-aurajoella/>
- Briggs, D., & Smithson, P. (1985). *Fundamentals of physical geography*. London: Hutchinson. Retrieved from <https://oulu.finna.fi/Record/oy.99313953906252>
- Cheng, X., Chen, L., Sun, R., & Kong, P. (2018). Land use changes and socio-economic development strongly deteriorate river ecosystem health in one of the largest basins in china. *Science of the Total Environment*, 616-617, 376-385.
 doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.316>
- Dörrenbächer, C., Geppert, M., Pastuh, D., & Tomendal, M. (2017). *Final report*. Brussels: The European Worker Participation Competence Centre (EWPCC) of the European Trade Unions Institute (ETUI).
- Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. (2000). *Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY yhteisön vesipolitiikan puitteista*
- Guse, B. (2015). Eco-hydrologic model cascades: Simulating land use and climate change impacts on hydrology, hydraulics and habitats for fish and macroinvertebrates. *The Science of the Total Environment*, 533, 542-556. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.078
- Hämäläinen, H., Aroviita, J., Koskenniemi, E., Bonda, A., & Kotanen, J. (2007). *Suomen jokien tyypittelyn kehittäminen ja pohjaeläimiin perustuva ekologinen luokittelu*. (). Retrieved from https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43048/LSUra_4_2007.pdf?sequence=2&isAllowed=y

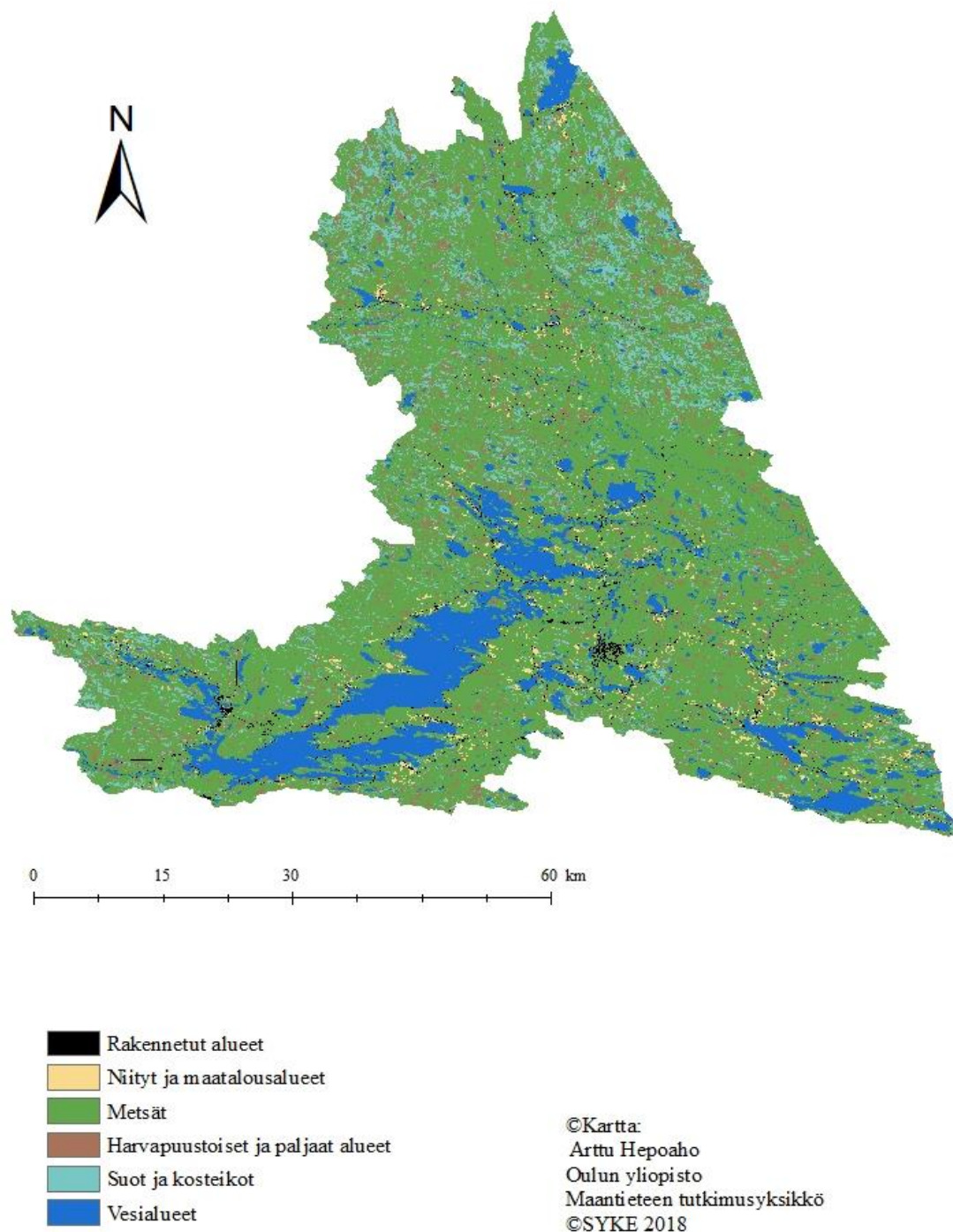
- Hanski, M. (2000). *Jokien rakenteellisen tilan arviointi. taustaa EU:N vesipolitiikan puitteiden rektiivin toimeenpanolle suomen virtavesissä* Suomen ympäristökeskus. Retrieved from https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_1593::0ed60b06d4be15b9b23e38a68db91504
- Harding, J. S. (1998). Stream biodiversity: The ghost of land use past. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 95(25), 14843-14847. doi:10.1073/pnas.95.25.14843
- Huttula, E., Nenonen, M., & Perkkiö, S. (1995). *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A: Simojoen vesistön vesiensuojelusuunnitelma*
- Jennings, E., Järvinen, M., Allott, N., Arvola, L., Moore, K., Naden, P., . . . Weyhenmeyer, G. A. (2009). *Impacts of climate on the flux of dissolved organic carbon from catchments*. Dordrecht: Springer Netherlands. doi:10.1007/978-90-481-2945-4_12 Retrieved from https://search.datacite.org/works/10.1007/978-90-481-2945-4_12
- Lapin ELY-keskus. (2019). Simojoki. Retrieved from [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Simojoki\(6263\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Suojelualueet/Natura_2000_alueet/Simojoki(6263))
- Luonnonvarakeskus. (2020). Kala-atlas; kalahavainnot -kartta . Retrieved from <http://kalahavainnot.luke.fi/kartta>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki , (1999). Retrieved from <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Mäki-Petäys, A., Muotka, T., Huusko, A., Tikkanen, P., & Kreivi, P. (1997). Seasonal changes in habitat use and preference by juvenile brown trout *salmo trutta* in a northern boreal river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(3), 520-530. doi:10.1139/cjfas-54-3-520

- Mantyka-Pringle, C. S., Martin, T. G., Moffatt, D. B., Linke, S., & Rhodes, J. R. (2014). Understanding and predicting the combined effects of climate change and land-use change on freshwater macroinvertebrates and fish. *The Journal of Applied Ecology*, 51(3), 572-581. doi:10.1111/1365-2664.12236
- Mattsson, T., Kortelainen, P., Laubel, A., Evans, D., Pujo-Pay, M., Räike, A., & Conan, P. (2009). Export of dissolved organic matter in relation to land use along a european climatic gradient. *Science of the Total Environment*, 407(6), 1967-1976.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.014>
- Muotka, T. (2002). Long-term recovery of stream habitat structure and benthic invertebrate communities from in-stream restoration. *Biological Conservation*, 105(2), 243-253.
doi:10.1016/S0006-3207(01)00202-6
- Naiman, R. J., & Décamps, H. (1997). THE ECOLOGY OF INTERFACES:Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28(1), 621-658. doi:10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621
- Oikarinen, K., Hovi, M., Lindeman, S., Siikamäki, P., & Tervonen, P. (2015). *Esiselvitys Oulangan–Paanajärven alueen soveltuvuudesta UNESCO:N maailmanperintökohteeksi*
- Reid, M. A. (2006). Trend, variability or extreme event? the importance of long-term perspectives in river ecology. *River Research and Applications*, 22(2), 167-177.
doi:10.1002/rra.903
- Sutela, T. (2010). Response of fish assemblages to water quality in boreal rivers. *Hydrobiologia*, 641(1), 1-10. doi:10.1007/s10750-009-0048-7

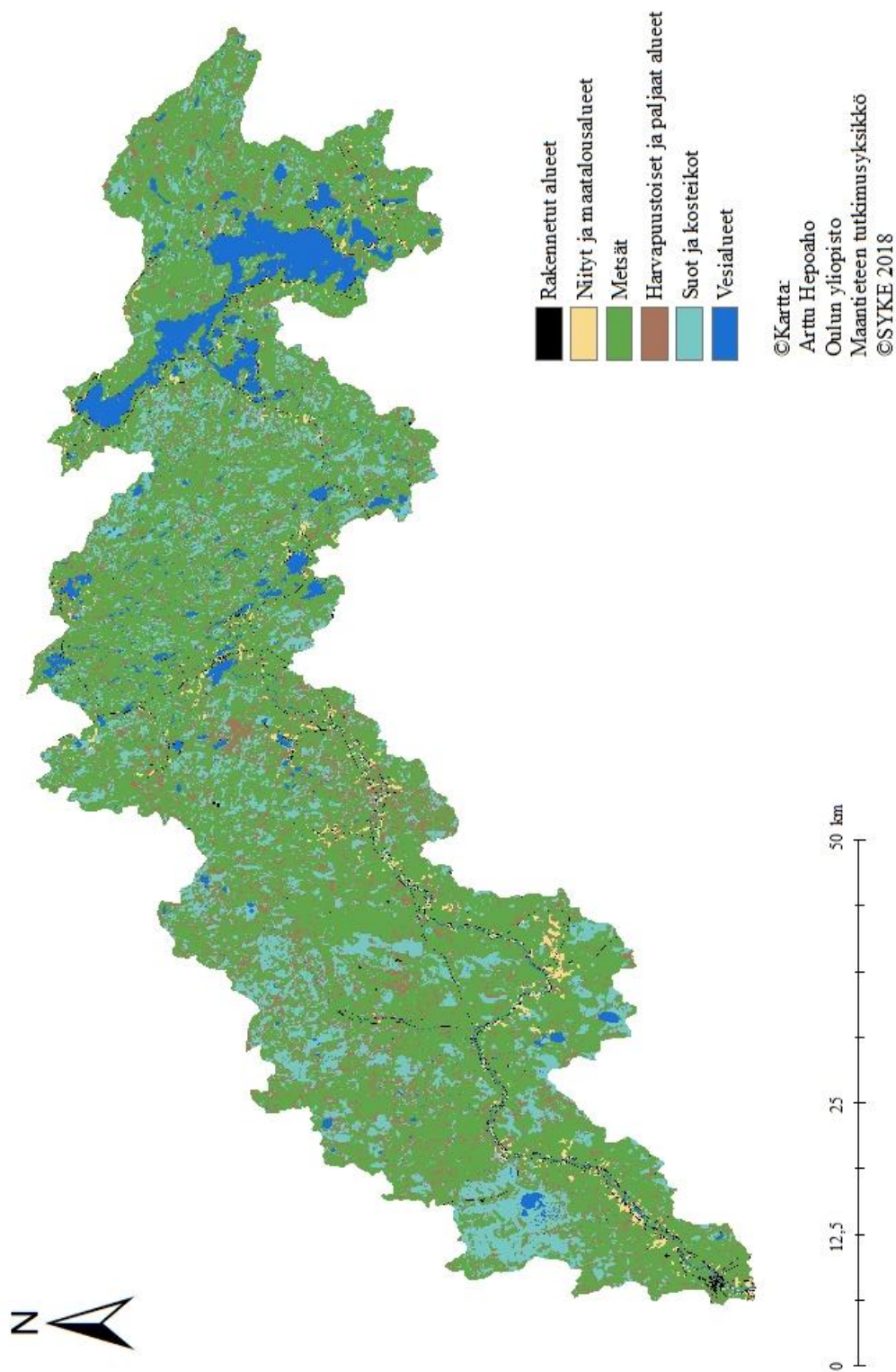
- Sutela, T., Olin, M., Vehanen, T., & Rask, M. (2007). *Hajakuormituksen vaikutukset järvien ja jokien kalastoon ja ekologiseen tilaan* Riista ja kalatalouden tutkimuslaitos.
- SYKE. (2014). Suomen ympäristökeskus: Uusi valuma-aluejako . Retrieved from https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Tietoaineistot_ja_jarjestelmat/Valumaaluejarjestelma/Uusi_valumaaluejako
- SYKE. (2021). HERTTA-tietokanta. Retrieved from https://www.syke.fi/fi-FI/Avoim_tieto/Ymparistotietojarjestelmat
- Tang, Z., Engel, B. A., Pijanowski, B. C., & Lim, K. J. (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *Journal of Environmental Management*, 76(1), 35-45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.01.006>
- Tilastokeskus. (2020). Maankäyttöluokka. Retrieved from <https://www.stat.fi/meta/kas/maankaytto.html>
- Varsinais-Suomen ELY-keskus. (2013). *Varsinais-suomen vesistöt tutuiksi: Aurajoki ja raisioanjoki-ruskonjoki* Varsinais-Suomen ELY-keskus.
- Vehanen, T., Sutela, T., & Korhonen, H. (2010). Environmental assessment of boreal rivers using fish data – a contribution to the water framework directive. *Fisheries Management and Ecology*, 17(2), 165-175. doi:10.1111/j.1365-2400.2009.00716.x

6.Liitteet

Liite 1: Koutajoen vesistön maankäyttö



Liite 2: Simojoen valuma-alueen maankäyttökartta



Liite 3: Aurajoen valuma-alueen maankäyttö

